

Реле Короткого Замыкания Асинхронных Электродвигателей Напряжением 10 Кв

Ешмуратов Н. Қ¹, Қтайбеков М. Қ²

Аннотация: Статья состоит из выбора и обоснования релейной защиты от короткого замыкания, являющегося одним из штатных процессов асинхронных электродвигателей 10 кВ. Асинхронные электродвигатели являются одними из основных потребителей электроэнергии на промышленных предприятиях, выход из строя которых может иметь серьезные последствия. С целью обеспечения работы двигателей в нормальном режиме были проведены исследования ненормальных процессов и расчеты выбора из них релейной защиты. Для облегчения расчетов было разработано программное обеспечение и создана его блок-схема.

Ключевые слова: Асинхронный электродвигатель, релейная защита, короткое замыкание, максимально токовая защита, программное обеспечение, блок-схема.

На сегодняшний день электродвигатели являются исполнительными органами всех технологических процессов и электротехнических устройств и машин. Около 60% производимой в мире электроэнергии преобразуется в механическую энергию в асинхронных электродвигателях. Конструкция асинхронных двигателей намного проще и дешевле двигателей постоянного тока.

Ежегодно 25-30% травм из-за нештатных режимов работы высоковольтных электроприборов приходится на электродвигатели. Основной вид повреждений связан с пробоем изоляции катушек статора и ротора. 80-95 % большинства повреждений приходится на неправильную намотку катушек статора, 70 % повреждений приходится на фазную и лобовую части, а остальные 25-30 % - на контакт фаз и нарушение изоляции [1.2]. Выход из строя электродвигателей промышленных предприятий, насосных станций или собственных необходимых механизмов электростанции может привести к серьезным последствиям, таким как выход изделий из строя, остановка производственного процесса, нарушение нормальной работы энергосистемы. Для предотвращения столь серьезных последствий и обеспечения нормальной работы энергосистемы необходимо обслуживать релейную защиту и автоматику.

Основные виды повреждений асинхронных электродвигателей.

- перегрузка;
- Снижение напряжения;
- Обрыв фазного провода или потеря одной фазы;
- Повреждение механической части двигателя;
- Асинхронный режим синхронных электродвигателей.

Релейная защита электродвигателей от междуфазных коротких замыканий. Отсечка тока и дифференциальная защита используются для защиты от короткого замыкания между фазами. Для защиты двигателей мощностью до 5000 кВт рекомендуется использовать прерыватель тока (приложение 1). Если чувствительность токовой секции недостаточна, следует использовать дифференциальную защиту. Применение дифференциальной защиты в двигателях большой мощности (3500-4000 кВт) целесообразно.

¹ Каракалпакский государственный университет имени Бердаха, г. Нукус, nawrizbekeshmuratov@gmail.com

² Каракалпакский государственный университет имени Бердаха, г. Нукус, nawrizbekeshmuratov@gmail.com



Отсечка тока

На рисунке 1.1 релейная схема электродвигателей мощностью до 2000 кВт для собственных нужд электростанций. В электродвигателях мощностью 2000-4000 кВт рисунок 1.1 б применяется двухрелейная защита от отключения тока, если коэффициент чувствительности однорелейной цепи ниже 2, для электродвигателей мощностью 2000 кВт - двухрелейная. Используются реле схемы токовой отсечки.

Рабочий ток токовой секции зависит от рабочего тока асинхронных двигателей.

$$I_{sz} = k_i * I_{пуск} \quad (1.1)$$

где коэффициент k_i -надежности учитывает погрешности реле и расчетов. $I_{пуск}$ - управляющий ток электродвигателя. Чувствительность защиты оценивается по току двухфазного короткого замыкания на вводе электродвигателя в минимальном режиме работы системы [2].

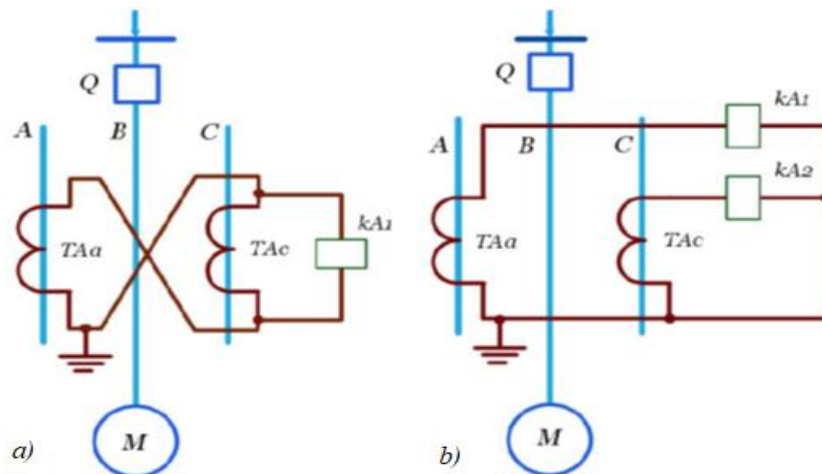


Рисунок 1.1. Принципиальная схема а - одно реле, б - два реле

Выбор релейной защиты асинхронного электродвигателя от короткого замыкания. В момент короткого замыкания ток в электродвигателе намного выше номинального тока, поэтому в асинхронных электродвигателях для защиты от короткого замыкания выбирается защита по максимальному току. Для защиты по максимальному току влияющей величиной является ток, протекающий через землю в месте установки защиты. В следующей задаче определяем ток срабатывания реле тока для выполнения максимальной токовой защиты асинхронного электродвигателя. Для этого в качестве примера рассмотрим асинхронный электродвигатель со следующими паспортными данными.

$$P_{ном} = 630 \text{ кВт}$$

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$$

$$n = 1500 \text{ об/мин}$$

$$\eta = 94,8 \%$$

$$\cos\varphi = 0,9$$

Найдем номинальный ток асинхронного двигателя

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} * U_{ном} * \cos\varphi * \eta} = \frac{630 * 10^3}{\sqrt{3} * 10 * 10^3 * 0,9 * 94,8} = 42,65 \text{ А}$$

Выбираем трансформатор тока для релейной защиты асинхронного двигателя и определяем коэффициент трансформации трансформатора. Так как номинальный ток асинхронного электродвигателя равен 42,65 А, то для него выбирается трансформатор тока (50), а коэффициент трансформации трансформатора тока находится следующим образом



$$\eta_{TA} = \frac{50}{5}$$

Ток защиты находится ниже

$$I_{\text{ср.заш}} = \frac{K_{\text{без}} * K_{\text{пуск}}}{K_B} * I_{\text{Ном}} = \frac{1,1 * 2}{0,62} * 42,65 = 156,27 \text{ А}$$

где K_B рассчитывается как коэффициент возврата реле тока и выбирается в зависимости от типа реле тока

РТ-80 (Индукционное реле) $K_{\text{без}}=0,62$

РТ-40 (Электромеханическое реле) $K_{\text{без}}=0,82$

РСТ-15 (Полупроводниковое реле) $K_{\text{без}}=1$

$K_{\text{без}}$ – коэффициент безопасности реле, $K_{\text{пуск}}$ пусковой коэффициент двигателя.

После выбора типа реле и подбора тока срабатывания защиты определяем ток срабатывания выбранного реле.

$$I_{\text{ср.реле}} = K_{\text{сх}} * \frac{I_{\text{ср.заш}}}{\eta_{TA}} = 1 * \frac{156,27}{5} = 15,6 \text{ А}$$

здесь $K_{\text{сх}}$ рассчитывается как коэффициент цепи и выбирается по схеме подключения релейного устройства к трансформатору тока.

При соединении по схеме звезда $K_{\text{сх}}=1$

Если он подключен по схеме неполной звезды, считается равным $K_{\text{сх}}=\sqrt{3}$

Таким образом, в данном примере мы рассмотрели релейную защиту асинхронного электродвигателя от короткого замыкания и выбрали для примера индукционное реле тока, соединили его в звезду и определили ток срабатывания реле [5].

В приведенных выше примерах максимальный ток срабатывания защиты, время выдержки и коэффициент чувствительности являются параметрами защиты, которые необходимо определить. Первичный минимальный ток в фазе, приводящей к отключению, является током срабатывания защиты $I_{\text{ср.заш}}$, а вторичный ток, проходящий через катушку реле, является током срабатывания реле $I_{\text{ср.реле}}$. Максимальный ток, который сбрасывает защиту, называется обратным током. Отношение обратного тока к рабочему току называется коэффициентом возврата реле.

Программное обеспечение и его блок-схема релейной защиты асинхронного электродвигателя напряжением 10 кВ.

Для облегчения расчета и выбора устройств релейной защиты, применяемых при защите асинхронных электродвигателей от нештатных режимов работы, была разработана программа, позволяющая производить расчет и выбор релейной защиты электродвигателей 10 кВ от максимального тока и перегрузки.

Данная программа основана на теоретических и практических исследованиях по выбору реле максимального тока, срабатывающего в результате нештатного режима работы асинхронных электродвигателей, превышающего номинальное значение при коротком замыкании, и релейной защиты от перегрузки.

Программное напряжение 10 кВ, на основе рационального расчета величин и параметров, участвующих в максимальном токе и релейной защите электродвигателей от перегрузок, можно рассчитать рабочий ток реле при КЗ электродвигателей. На рис. 1.2 представлена структурная схема программы, предназначенной для расчета максимальной токовой защиты асинхронных двигателей напряжением 10 кВ.



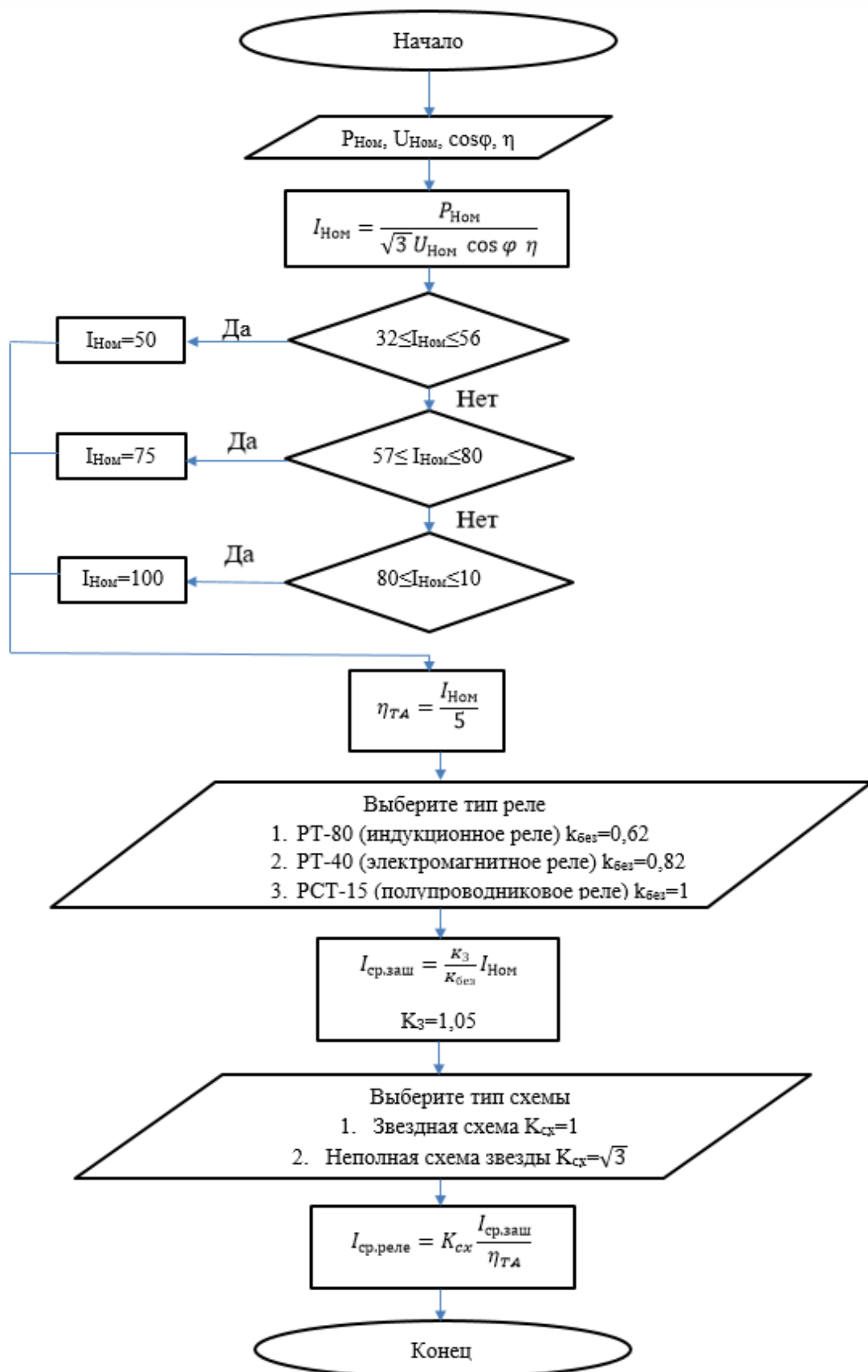


Рисунок 1.2. Структурная схема программы, предназначенной для расчета максимальной токовой защиты электродвигателей напряжением 10 кВ.



Использованная литература

1. Сиддиков. И.Х., Касимахунова А.М., Хужаматов. Х.Е., Релейная защита и автоматика системы электроснабжения. Учебное пособие, Ташкент 2020. 467 с.
2. Копьев. В. Н., Релейная защита. Учебного пособия. Томск. 2011. 160 с. 134-140 в.
3. Реймов. К.М., Нажимова А.М., Эсенбеков. А.Я., Текст лекций по релейной защите и автоматике Нукус 2018. 132 с.
4. Таслимов А.Д., Мамарасулова Т.С., Рисмухамедов Д.Л. Релейная защита. Учебное пособие для профессиональных колледжей, Ташкент, 2013.
5. Lezhnina, Y., Abubakiro, A., Gaipov, I., & Eshmuratov, N. (2023, January). Monitoring of asymmetric values and parameters of electric networks. In E3S Web of Conferences (Vol. 371, p. 03068).
6. Конструктивные правила электроустановок. (ПУЭ) ДИ Озэнергоназорат, Ташкент 2007, 2011.
7. Kurbaniyazov, T. U. (2022). Distributed Active and Reactive Power Control With Smart Microgrid Demonstration. Middle European Scientific Bulletin, 30, 1-9.
8. Грундулис. А. О защите электродвигателей и сельском хозяйстве. Улетать. для Вузова. М. Агропромиздат. 1988. 2-е изд. 111с.
9. Bazarbayevich A. A., Urunbayevich K. T., Pirnazarovich N. M. Reactive power and voltage parameters control in network system //innovative achievements in science 2022. – 2022. – Т. 2. – №. 13. – С. 16-20.
10. Абубакиров, А. Б., Гаипов, И. К., Ешмуратов, Н. К., & Лежнина, Ю. А. (2022). Графовая модель учета асимметричных значений и параметров электрических сетей.
11. Курбаниязов, Т. У. (2023). Модель многофазного датчика преобразования первичного тока во вторичное напряжение в системах электроснабжения. Scientific aspects and trends in the field of scientific research, 1(9), 139-142.

